

# 不同耕作年限对耕地土壤质地和有机碳垂直分布的影响

颜安<sup>1</sup>, 李周晶<sup>2</sup>, 武红旗<sup>1</sup>, 温鹏飞<sup>3</sup>

(1. 新疆农业大学草业与环境科学学院, 乌鲁木齐 830052; 2. 中国科学院生态环境研究中心, 城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085; 3. 西北农林科技大学农学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:** 研究不同耕作年限新疆玛纳斯县耕地的土壤颗粒组成、不同土壤颗粒有机碳含量变化特征以及二者的相关关系。选取4种不同耕作年限耕地为研究对象, 采集土层0—300 cm的土壤样品, 采用激光法获取土壤颗粒组成, 探讨长期耕作对土壤颗粒组成以及不同土壤颗粒有机碳含量的影响。结果表明: 研究区域土壤剖面颗粒组成主要以砂粒(约占21.0%~35.4%)和粉粒(约占46.0%~50.0%)为主, 砂粒含量下部明显高于上部, 而粉粒含量中部明显低于上部和下部; 随着耕作年限增加, 剖面上部(0—60 cm)土壤质地由粉砂质粘壤土转变为壤土, 60—100 cm土层土壤质地由粉砂壤土转化为壤土, 中部和下部(100—300 cm)土壤质地变化较小; 土壤有机碳含量随着开垦年限的增加呈现先增加后降低的趋势, 增幅达到71.8%, 耕作年限越长有机碳增加值趋于平缓; 土壤粉粒、砂粒与有机碳含量相关性不高, 而粘粒与有机碳含量呈现显著正相关关系, 未耕作(Y0)、耕作20 a(Y20)、耕作30 a(Y30)和耕作50 a(Y50)的土壤粘粒与有机碳含量的相关系数( $r$ )范围在0.67\*~0.75\*, 均达到显著性差异( $P<0.05$ )。耕作对土壤颗粒组成以及有机碳含量产生一定影响, 科学合理的耕作能够提高土壤的固碳能力, 对土壤碳循环系统起到良好的保护作用。

**关键词:** 耕作年限; 耕地; 土壤质地; 有机碳; 相关关系

**中图分类号:** S152.3<sup>+</sup>; S153.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-2242(2017)01-0291-05

**DOI:** 10.13870/j.cnki.stbcbx.2017.01.048

## Effect of Cultivation Years on Vertical Distribution of Soil Texture and Organic carbon

YAN An<sup>1</sup>, LI Zhoujing<sup>1</sup>, WU Hongqi<sup>1</sup>, WEN Pengfei<sup>3</sup>

(1. College of Grassland and Environmental Sciences, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052;

2. State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center of Eco-environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085; 3. College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100)

**Abstract:** Effects of characteristics of soil particle composition, organic carbon content in different soil particles and the correlation between them were studied in Manasi county, Xinjiang province. Selected four years of reclamation of cultivated land as the research object, and soil samples collected from 0—300 cm soil layer, obtained the composition of soil particles by laser method, to investigate the long-term effects of tillage on soil particle composition and organic carbon content of different soil particles. Results showed that the research of regional soil particle composition in sand (about 21.0%—35.4%) and powder (about 46.0%—50.0%), lower significantly higher than the upper content, sand content and silt content was significantly lower than the upper and lower in the middle. With the increase of cultivated fixed number of year, the silty clay loam upper top layer (0—60 cm) was transformed into loam, the silt loam in 60—100 cm was transformed into loam, the soil texture in middle and lower (100—300 cm) had less change. The soil organic carbon content increased first and then decreased with the increasing of the year of cultivation, growth rate reached 71.8%, and the increasing of the length of the organic carbon increased the value of tillage. At the same time, the correlation between silt, sand and soil organic carbon content was not high, and the clay and organic carbon content showed significant positive correlation. The range of correlation coefficient ( $r$ ) between soil clay and organic carbon content under unused (Y0), 30 years cultivation (Y20), 30 years cultivation (Y30) and 50 years cultivation (Y50) was 0.67\*~0.75\*, achieved significant difference ( $P<0.05$ ). Human farming methods on the composition

收稿日期: 2016-09-09

资助项目: 国家自然科学基金项目(31300377); 中国博士后科学基金项目(2016M592913XB)

第一作者: 颜安(1983—), 男, 博士, 主要从事农业资源与环境研究。E-mail: zryanan@163.com

通信作者: 武红旗(1974—), 男, 副教授, 主要从事农业资源与环境研究。E-mail: hqw7475@126.com

of soil particles and organic carbon content had an impact, so scientific and reasonable farming could increase soil carbon sequestration ability, had good protection effect on soil carbon cycle system.

**Keywords:** cultivation year; farm land; soil texture; organic carbon; correlation

土壤作为陆地生态系统中重要的组成部分,在整个碳循环系统中起着重大作用<sup>[1]</sup>。土壤的有机碳动态变化直接影响耕地质量和农业生产力<sup>[2]</sup>。近年来,国内外学者针对土地利用方式转化后的土壤理化性状、养分状况的变化以及长期耕作对土壤碳库和土壤颗粒组成的影响机制做了大量研究<sup>[3-4]</sup>。研究表明,干旱区耕地垦殖初期土壤有机碳含量有明显增加趋势,有机碳的积累汇集作用明显优于其他模式的土地利用方式,但是长期耕作下有机碳的积累速率下降,土壤耕地质量有退化趋势<sup>[5]</sup>。同时,不同的粒径与土壤的理化性状具有密切的关系,土壤的颗粒组成对土壤微生物活性、土壤的养分状况都产生巨大的影响,其中,粘粒和粉砂粒是土壤有机碳的主要碳库<sup>[6]</sup>。另外,研究发现随着耕作年限的增加,大团聚体减少,土壤粉砂粒和粘粒逐渐增加,增加了土壤的固氮作用<sup>[7-9]</sup>。

新疆属于干旱—半干旱地区,大面积的荒地以及荒漠被开垦为耕地,长期耕作会使土壤理化性状发生变化直接影响农田土壤质量。因此,研究不同耕作年限土壤质地与有机碳含量之间的关系具有重要的理论价值和实践意义。目前针对干旱地区不同土地利用方式和不同施肥条件下土壤粒径组成和有机碳含量研究较多,但针对不同耕作年限条件下,尤其是 0—300 cm 土层有机碳和土壤粒径的动态变化以及土壤粒径与有机碳相关关系研究较少。本研究选取干旱区玛纳斯县不同耕作年限土壤 0—300 cm 土层的实测数据,采用激光法测取土壤粒径组成、土壤有机碳含量,分析不同耕作年限土壤粒径垂直变化特征以及不同土壤颗粒下的有机碳含量变化及其相关关系,旨在为探讨干旱区不同耕作年限对土壤颗粒组成的影响以及有机碳的变化特征提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

采样点位于新疆玛纳斯县(85°34′—86°43′ E, 43°28′—45°38′ N),天山北麓中段,准噶尔盆地南部边缘地带。属温带大陆性干旱半干旱气候区,冬季严寒,夏季酷热,年平均气温 6~7.2℃,年平均降水量为 173.30 mm,年均蒸发量 1 500~2 100 mm,无霜期 147~191 d。种植的作物主要有棉花、酒葡萄、玉米等,其中耕地面积约 62 万 hm<sup>2</sup>。流域内荒漠化严重,土壤淋溶和脱盐过程微弱,土壤中可溶盐强烈聚集,形成大面积不同程度的

盐渍化土壤,绿洲盐渍化土壤主要分布在洪积冲积扇扇缘、冲积平原、三角洲等地区<sup>[10]</sup>。

### 1.2 研究方法

1.2.1 样品采集 根据玛纳斯县第一次土壤普查和第二次土壤普查绘制的农田区域,结合野外实地调查,确定 4 种类型盐渍化农田土壤:未耕作(Y0)、耕作 20 a(Y20)、耕作 30 a(Y30)、耕作 50 a(Y50)的土壤,按照大于 1 km 间距随机布设观测剖面点,于 2014 年 9 月通过充气钻及手工钻采集土壤样品,采样区域位于流域冲积平原中部,采样深度为 300 cm,每 20 cm 为一层。采集观测样点共计 26 个,其中有 5 个剖面点的地下水出水点与其他样点存在较大差异,导致剖面层次缺失(多集中在 240—300 cm 深度),列为异常观测剖面点,最终获得了土壤观测剖面点 21 个。

1.2.2 土壤有机碳含量和质地测定 土样经风干、剔除植物残屑后粉碎过筛,测定土壤有机碳和土壤质地。采用重铬酸钾容量法—外加热法分析土壤有机质含量,有机碳含量按照有机质含量乘以 0.58(Bem-melen 换算系数)得到<sup>[11-12]</sup>。

土壤质地利用激光颗粒分析仪(美国 Beckman Coulter LS13320)测定。激光法的土样前处理方法:称样量 5.0 g,去除有机质、碳酸盐和氯离子(方法同吸管法),加入 10 ml 0.5 mol/L 的六偏磷酸钠溶液搅拌均匀后浸泡过夜。测量时,充分搅匀土壤溶液,迅速吸取溶液加入到仪器的样品池中,加样量根据仪器的遮蔽度来确定,当遮蔽为(30±2)%时停止加样,开始测定,每个样品 3 次重复。

### 1.3 数据处理与计算

采用 Excel 和 Origin 8.6 软件进行数据处理与统计分析,采用 Excel 对土壤颗粒组成以及土壤有机碳含量数据及其他指标进行数据预处理;采用 Origin 8.6 软件对不同耕作年限的土壤粒径差异性和不同土壤有机碳含量进行单因素方差分析(ANOVA),土壤有机碳含量与土壤颗粒组成进行相关性分析( $P<0.05$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同耕作年限耕地土壤粒径垂直变化特征

由图 1 可知,研究区域土壤颗粒组成主要以砂粒(约占 21.0%~35.4%)和粉粒(约占 46.0%~50.0%)为主,砂粒含量下部明显高于上部,而粉粒含量中部明显低于上部和下部;随着耕作年限增加,上部耕层(0—

60 cm)土壤颗粒组成变化:砂粒(2.0~0.05 mm)含量逐渐增加,由 2.4%增加到 29.9%,粘粒(<0.002 mm)随着耕作年限的增加呈现先增加后降低的趋势,粉粒(0.05~0.002 mm)含量呈现先降低后升高的趋势。60—100 cm 土层土壤颗粒组成变化:砂粒含量随着耕作年限增加呈现先增加后降低的趋势,而粘粒变化呈现出相反的趋势,粉粒含量无显著变化;土壤质地由粉砂壤土转化为壤土,可能是因为受到灌溉水下渗和农作物根系的影响,造成土壤质地也发生变化。土层中部和下部(100—300 cm)的土壤质地主要以壤土和粉砂壤土为主,其中土壤颗粒主要以粉粒和砂粒为主,分别占 46.5%和 32.9%,可能是因为该土层很少受到人为因素的影响,仅仅受到地下微生物以及水分下渗的影响,使得土壤粒径组成以及土壤质地变化较小。

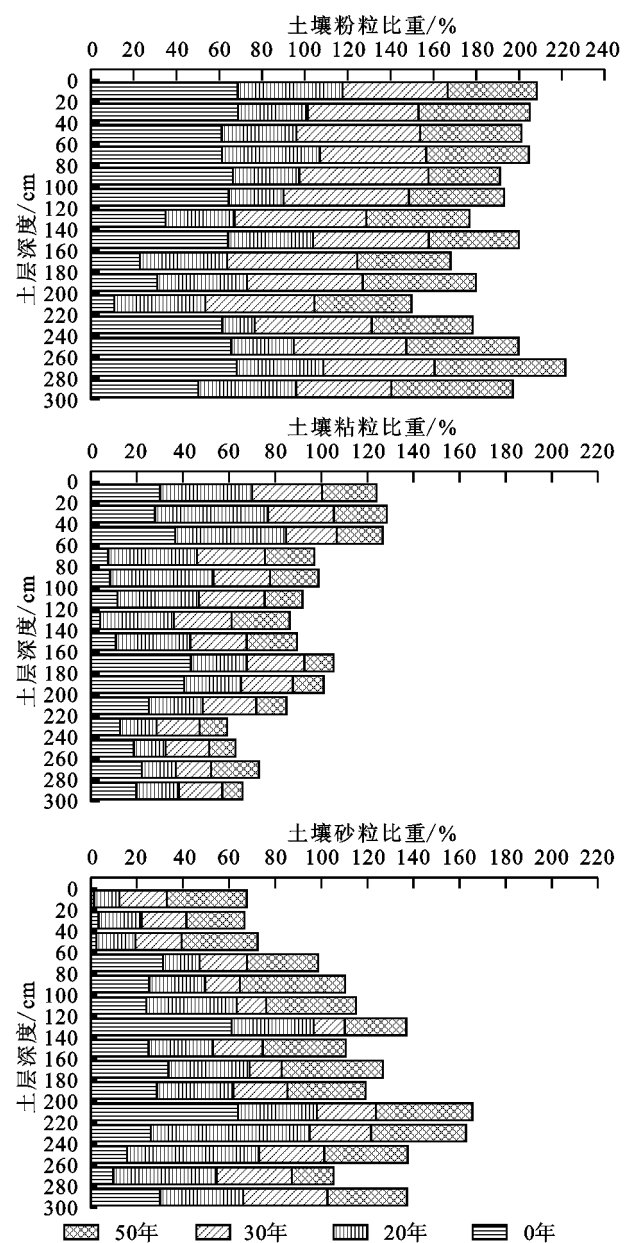


图 1 不同耕作年限耕地土壤粘粒、粉粒、砂粒垂直变化

2.2 不同耕作年限耕地土壤有机碳含量差异性分析

由图 2 可知,研究区域整个研究土层(0—300 cm)土壤质地主要以壤土和粘土为主。Y0 土壤表层(0—60 cm)主要以粉砂质粘壤土为主,土层中下部主要以粉砂质壤土为主;Y20、Y30 和 Y50 的土壤无明显变化规律,主要以壤土和粉砂质壤土为主。土壤有机碳含量垂直变化特征:有机碳含量随着土层深度的增加而降低;土壤有机碳含量随着开垦年限呈现先增加后降低的趋势,未耕作时有机碳含量平均值为(Y0)1.49 g/kg,随着耕作年限的增加有机碳含量增加(Y30)为 2.78 g/kg,随之下降为(Y50)2.56 g/kg,增幅达到 71.8%,耕作年限越长有机碳增加值趋于平缓。表层 0—20 cm 有机碳含量变化最大,Y20、Y30 和 Y50 的土壤有机碳含量分别是 Y0 有机碳含量的 1.3,1.87,1.72 倍。

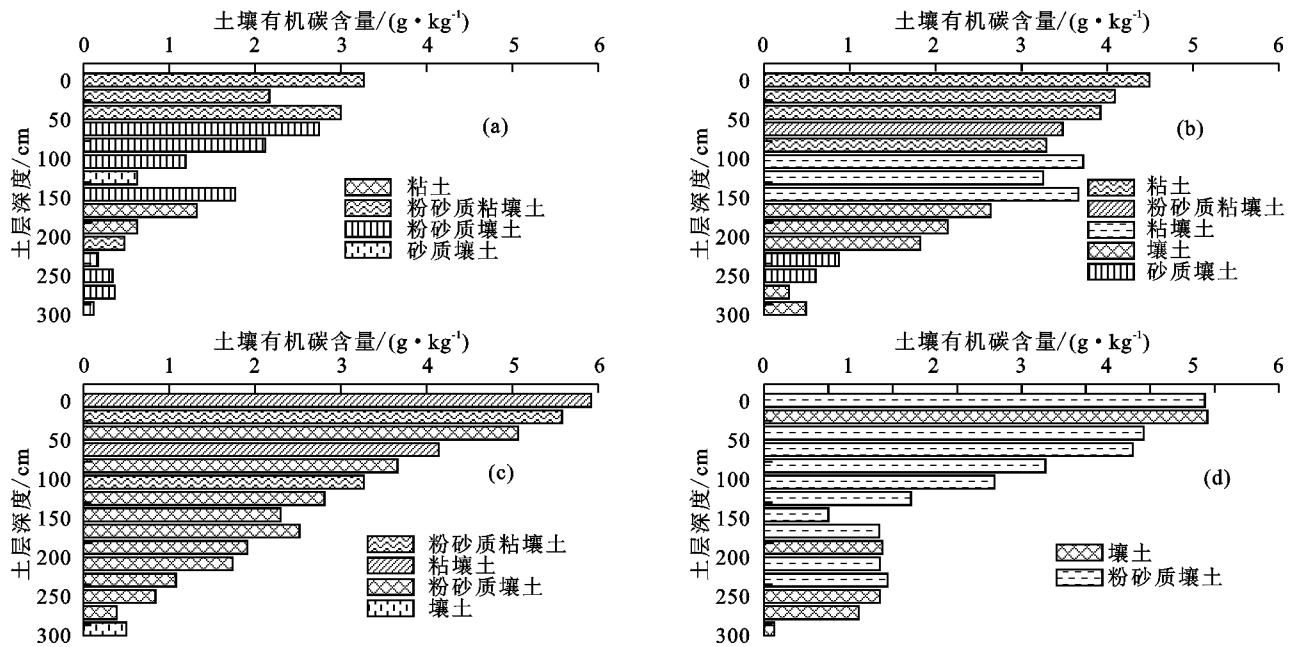
2.3 不同耕作年限耕地土壤颗粒与有机碳相关性分析

由图 3 可知,土壤颗粒组成与有机碳含量具有一定的相关性,其中粘粒与有机碳含量之间呈现显著正相关关系,Y0(图 3a)、Y20(图 3b)、Y30(图 3c)和 Y50(图 3d)的土壤粘粒分别与有机碳含量的相关系数( $r$ )为 0.67\*,0.72\*,0.75\*,0.69\*\*,其中 Y30 的相关性最高。土壤粉粒、砂粒与有机碳含量相关性不高,其中不同耕作年限粉粒与有机碳含量相关性( $r$ )范围在(−0.29)~0.04,不同耕作年限砂粒与有机碳含量相关性呈现负相关关系,相关系数( $r$ )范围在(−0.49)~0.10。

3 讨论

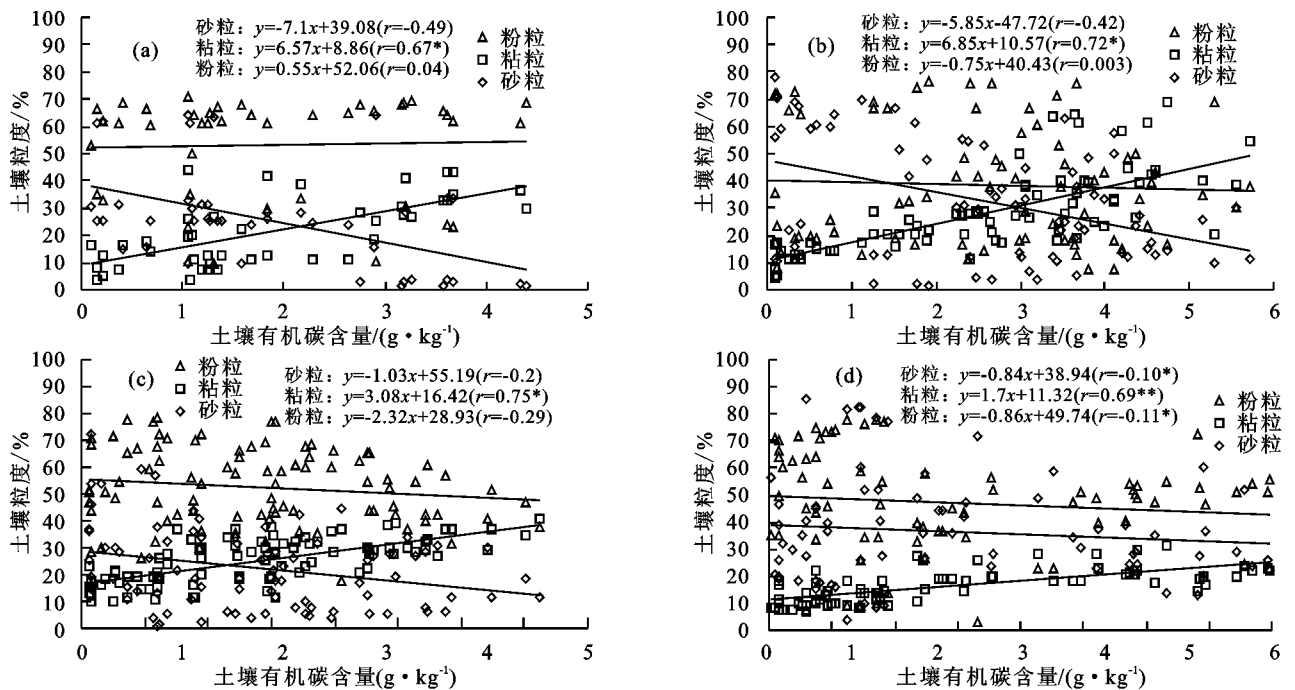
3.1 不同耕作年限耕地土壤颗粒对有机碳含量的影响

土壤质地作为土壤碳循环的重要因素,尤其是粘粒具有很强的固碳能力,因此土壤粘粒对土壤有机碳循环中具有很重要的作用<sup>[13]</sup>。本研究发现,随着耕作年限增加,农作物秸秆和根系的大量积累,使得土壤中根系快速分解转化,改善了土壤理化性质增加土壤有机质含量,同时提高土壤肥力,有机碳含量随着耕作年限的变化具体表现为:Y50>Y30>Y20>Y0。这与李易麟等<sup>[14]</sup>、唐光木等<sup>[15]</sup>研究结果一致。但是这与其它土地利用方式的有机碳含量变化有所差异,例如:干旱区林地、草地<sup>[16]</sup>开垦后农田土壤有机碳含量呈下降趋势,其可能是因为草地转化为农田,随着耕作年限延长,土壤物理性状发生变化,粘粒含量减少,砂粒含量增加,土壤养分降低,固碳作用下降<sup>[17]</sup>。而荒地开垦为耕地后,荒地土壤有机碳含量在开垦前含量较少,开垦后耕地生产力提高,改善了土壤的水分和养分状况,随着耕作年限的增加,地表生物量富集,改善了土壤理化状况,从而提高了土壤碳库的补偿作用,使有机碳含量增加<sup>[18]</sup>。



注:图中 a、b、c、d 分别为耕作 0 a(Y0), 20 a(Y20), 40 a(Y40), 50 a(Y50) 耕地不同土层土壤有机碳含量。

图 2 不同耕作年限耕地土壤有机碳垂直分布



注:图中 a、b、c、d 分别为耕作 0 a(Y0), 20 a(Y20), 40 a(Y40), 50 a(Y50) 耕地土壤粒度与有机碳含量的相关性。

图 3 土壤颗粒分布特征与有机碳含量相关性

### 3.2 不同耕作年限耕地土壤颗粒组成及与有机碳含量的关系

研究发现,耕作年限的增加会对土壤颗粒组成产生一定的影响,尤其是表层耕作土壤(0—60 cm),未耕作土壤表层主要以粘土和粉粒为主,耕作年限的增加使土壤受到人为耕作影响,造成土壤颗粒机械损伤以及在水的重力影响下沿着土壤孔隙向下移动,砂粒含量明显增加,而粘粒先增加后降低趋势,这与张金波等<sup>[19]</sup>的研究结果有些偏差,可能是因为开垦时人为机械破坏大颗粒团聚体转化为小颗粒团聚体,粘粒

含量增加,但长期不合理耕作造成土壤质量下降,使土壤颗粒组成发生变化。另外,土壤颗粒组成在一定程度上影响土壤有机碳含量,本研究发现粘粒与有机碳含量之间呈现显著正相关关系,Y0、Y20、Y30 和 Y50 的土壤粘粒与有机碳含量的相关系数( $r$ )范围在  $0.67^* \sim 0.75^*$ ,均达到显著性差异,说明土壤有机碳随着土壤粘粒含量的增加而增加,这与彭佩钦等<sup>[20]</sup>、Tiessen 等<sup>[21]</sup>研究结果一致。

新疆作为我国粮食主要生产基地,随着大面积的荒地以及荒漠被开垦为耕地,通过本研究可知,科学

合理的耕作能够改善土壤的颗粒组成,增加土壤有机碳含量,但是随着耕作年限的增加,土壤质量有下降趋势,建议制定科学合理的耕作制度保护耕地质量。由于本次研究依据两次土壤普查结果及实地调研获取了比较有代表性的土壤数据结果,研究结论可能与其他干旱区结论有偏差。因此,今后有待开展长期定位试验和进行不同干旱区验证,做进一步的分析。

## 4 结论

(1)随着耕作年限的增加土壤颗粒组成发生变化,剖面上部(0—60 cm)砂粒含量逐渐增加,粘粒随着耕作年限的增加呈现先增加后降低的趋势,而粉粒含量呈现先降后升的趋势。60—100 cm 土层土壤颗粒组成变化:砂粒含量随着耕作年限增加呈现先增加后降低的趋势,而粘粒变化呈现出相反的趋势,粉粒含量无显著变化;中下部土层(100—300 cm)土壤颗粒主要以粉粒和砂粒为主,分别占 46.5%和 32.9%。

(2)有机碳含量随着耕作年限呈现先增加后降低,后期趋于平缓的趋势。同时土壤颗粒与有机碳含量呈现一定的相关关系,其中粘粒与有机碳含量之间呈现显著正相关关系。

总之,在合理保护使用土地的前提下,随着耕作年限的增加,能够改善土壤颗粒组成和土壤的养分状况。因此科学有效的管理措施和使用耕地能够很好地保护土壤碳素循环系统。

### 参考文献:

- [1] Raven J A, Handley L L, Andrews M. Global aspects of C/N interactions determining plant-environment interactions[J]. *Journal of Experimental Botany*, 2004, 55(394):11-25.
- [2] 邵继承,潘根兴. 江汉平原不同土地利用和起源下农田土壤有机碳组分变化[J]. *水土保持学报*, 2012, 26(6): 153-157.
- [3] 李世朋,汪景宽. 温室气体排放与土壤理化性质的关系研究进展[J]. *沈阳农业大学学报*, 2003, 34(2):155-159.
- [4] 方精云,杨元合,马文红,等. 中国草地生态系统碳库及其变化[J]. *中国科学:生命科学*, 2010, 40(7):566-576.
- [5] 唐光木,徐万里,盛建东,等. 新疆绿洲农田不同开垦年限土壤有机碳及不同粒径土壤颗粒有机碳变化[J]. *土壤学报*, 2010, 47(2):280-284
- [6] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:上海科学技术出版社,1980:466-536.
- [7] 雷春英,田长彦. 干旱区荒漠新垦土地土壤有机碳含量特征[J]. *干旱区资源与环境*, 2008, 6(22):106-110.
- [8] 徐阳春,沈其荣,茆泽圣. 长期施用不同有机肥对土壤及不同粒级中酸解有机氮含量及分配的影响[J]. *中国农业科学*, 2002, 35(4):403-409.
- [9] 吴乐知,蔡祖聪. 农业开垦对中国土壤有机碳的影响[J]. *水土保持学报*, 2007, 21(6):118-134.
- [10] 吕真真,刘广明,杨劲松. 新疆玛纳斯河流域土壤盐分特征研究[J]. *土壤学报*, 2013, 50(2):289-295.
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 第3版. 北京:中国农业出版社,2000:172-189.
- [12] Liu Q H, Shi X Z, Weindorf D, et al. Soil organic carbon storage of paddy soils in China using the 1:1 000 000 soil database and their implications for C sequestration[J]. *Global Biogeochemical Cycles*, 2006, 20(3):836-839.
- [13] Christensen B T. Decomposability of organic matter in particle size fractions from field soils with straw incorporation[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 1987, 19(4):429-435.
- [14] 李易麟,南忠仁. 开垦对西北干旱区荒漠土壤养分含量及主要性质的影响:以甘肃省临泽县为例[J]. *干旱区资源与环境*, 2008, 22(10):147-151.
- [15] 唐光木,徐万里,周勃,等. 耕作年限对棉田土壤颗粒及矿物结合态有机碳的影响[J]. *水土保持学报*, 2013, 27(3):238-241.
- [16] Li X G, Wang Z F, Ma Q F, et al. Crop cultivation and intensive grazing affect organic C pools and aggregate stability in arid grass-land soil[J]. *Soil and Tillage Research*, 2007, 95(2):172-181
- [17] 焦燕,赵江红,徐柱. 农牧交错带开垦年限对土壤理化特性的影响[J]. *生态环境学报*, 2009, 18(5):1965-1970.
- [18] 荣井荣,李晨华,王玉刚,等. 长期施肥对绿洲农田土壤有机碳和无机碳的影响[J]. *干旱区研究*, 2012, 29(4):593-597.
- [19] 张金波,宋长春,杨文燕,等. 三江平原沼泽湿地开垦对表土有机碳组分的影响[J]. *土壤学报*, 2005, 42(5):854-859.
- [20] 彭佩钦,张文菊,童成立,等. 洞庭湖湿地土壤碳、氮、磷及其与土壤物理性状的关系[J]. *应用生态学报*, 2005, 16(10):1872-1878.
- [21] Tiessen H, Stewart J W B. Particle-size fractions and their use in studies of soil organic matter II. Cultivation effects on organic matter composition in size fractions[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 1983, 47(3):509-514.